

MIROSLAW CHUDEK

ZACHOWYWANIE SIĘ SKAŁ STROPOWYCH  
NAD WYROBISKIEM ŚCIANOWYM  
W ŚWIETLE BADAŃ MODELOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono przebieg i wyniki badań modelowych w zakresie zachowywania się stropu bezpośredniego nad pokładem, polem roboczym i przesłonięciem wybraną. Stwierdzono dużą zgodność wzorów teoretycznych z wielkościami uzyskanymi z badań modelowych.

Przyjęte ważniejsze oznaczenia

- M - wielkość mierzona (określona) w modelu
- N - wielkość mierzona na wzorcu w naturze
- $\gamma$  - ciężar objętościowy
- $\sigma_0$  - wytrzymałość na ściskanie
- $\sigma_z$  - wytrzymałość na zginanie
- $\frac{1}{n}$  - skala modelowania
- G - moduł Kirchoffa
- E - moduł Younga
- R - siła w elementach modelowej obudowy
- V - prędkość wybierania pokładu

1. Wprowadzenie

W wyniku prowadzenia eksploatacji dochodzi się do deformacji warstw górotworu począwszy od stropu bezpośredniego, aż do powierzchni ziemi. Przebieg deformacji szczególnie w bezpośredniej bliskości pokładu eksploatowanego rzutuje na przebieg zaciskania wyrobiska i stan naprężeń przed i za czołem ściany.

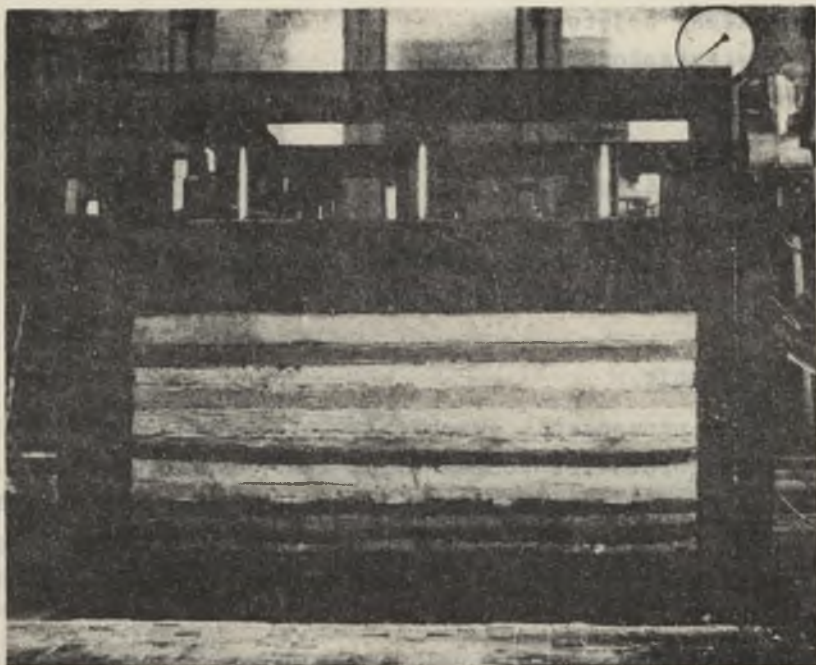
Śledzenie i określanie tych wielkości prowadzone jest na drodze teoretycznej, pomiarowej na kopalniach oraz na modelach i ma na celu zaobserwowanie oraz ustalenie charakteru

deformacji warstw górotworu w obrębie wyrobiska ścianowego z którym wiąże się ściśle zagadnienie współpracy obudowy z górotworem oraz bezpieczeństwo pracy w polu roboczym.

## 2. Cel i zakres pracy

Celem pracy było zaobserwowanie i pomierzenie wielkości obniżenia stropu bezpośredniego i przestrzeni wybraną w miarę jej powiększania się, przed czołem eksploatacji oraz porównanie wielkości otrzymanych z badań z wielkościami wynikającymi z wzorów teoretycznych [6]. Powyższe zrealizowano na drodze badań modelowych w urządzeniu (rys. 1) skonstruowanym w Zakładzie Mechaniki Górotworu i Obudowy Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Przedmiotem badań były modele górotworu zbudowanego z typowych warstw karbońskich w których prowadzono eksploatację pokładu.



Rys. 1. Stanowisko badawcze

### 3. Metodyka badań

#### 3.1. Opis konstrukcji urządzenia

Urządzenie, na którym przeprowadzono badania modelowe (rys. 1) stanowią: 1) dwie ramy zbudowane z ceowników (wymiary wewnętrzne ramy: długość 104 cm, wysokość 56 cm, szerokość jednej ramy 18 cm), 2) układ hydrauliczny składający się z dwóch pomp olejowych, dwóch manometrów o zasięgu skali do 180 kg/cm<sup>2</sup>, 3) układ przewodów łączących, 4) 6 pras hydraulicznych po 3 prasy na jedną ramę, 5) podkładki pod prasy hydrauliczne, wykonane z ceowników służące do uzyskania równomiernego nacisku na całą powierzchnię modelu, 6) model badanego górotworu o wysokości 55 cm i szerokości 18 cm.

#### 3.2. Charakterystyka materiałów ekwiwalentnych zastosowanych w badaniach

Stosowane materiały w badaniach modelowych winny spełniać podane warunki podobieństwa w stosunku do wielkości w naturze a w szczególności:

- dla zachowania podobieństwa zjawisk załamania

$$(\sigma_c)_M = \frac{1}{n} \frac{\gamma_M}{\gamma_N} (\sigma_c)_N$$

$$(\sigma_z)_M = \frac{1}{n} \frac{\gamma_M}{\gamma_N} (\sigma_z)_N$$

- dla zachowania podobieństwa odkształceń sprężystych

$$E_M = \frac{1}{n} \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot E_N$$

$$G_M = \frac{1}{n} \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot G_N$$

- dla zachowania podobieństwa ciężaru objętościowego

$$\frac{\gamma_M}{\gamma_N} = \frac{\gamma_M'}{\gamma_N'} = \frac{\gamma_M''}{\gamma_N''} = \frac{\gamma_M^n}{\gamma_N^n} = \text{const}$$

Sporządzenie materiału o powyższych własnościach jest bardzo trudne szczególnie w zakresie uzyskania odpowiedniego modułu sprężystości i współczynnika sprężystości postaciowej. Obudowa modelowa wyrobisk musi również spełniać odpowiednie warunki podobieństwa.

Tablica 1

Lp.	Grupa materiałów	% udział składników mieszanki			Dodatki w % w stosunku do gipsu		Ciężar objętość t/m <sup>2</sup>	σ <sub>c</sub> kG/cm <sup>2</sup>
		piasek	H <sub>2</sub> O	gips	wapno	boraks		
1	Materiały o małej wytrzymał. np. łupki il.	80	15	5	5	1	1,7	3,2
2	Materiały o średniej wytrzymał. np. łupki piaszczyste	75	15-20	5-10	-	-	1,6	4,5
3	Materiały o dużej wytrzymał. np. mocne piaskowce	67	20	13	1	1,5	1,7	16,7

Wykorzystując własności materiałów gipsobetonowych wg receptury radzieckiej - tablica 1 - dla skali 1,50 materiały te odwzorowują wytrzymałość:

$$(\sigma_c)_N = 3,2 \frac{2,5}{1,7} \cdot 50 = 235 \text{ kG/cm}^2 - \text{łupki}$$

$$(\sigma_c)_N = 4,5 \frac{2,5}{1,6} \cdot 50 = 350 \text{ kG/cm}^2 - \text{łupki piaszczyste}$$

$$(\sigma_c)_N = 16,7 \frac{2,5}{1,7} \cdot 50 = 200 \text{ kG/cm}^2 - \text{piaskowiec}$$

Przyjmując do odwzorowywania średnie wytrzymałości skał karbońskich Zagłębia Górnośląskiego wg J. Kuhla podane w pracy

5 str. 60, otrzymano wytrzymałości materiałów ekwiwalentnych na ściskanie i zginanie w skali 1:50.

Materiał odpowiadający:

1) Łupkom ilastym na wytrzymałość

$$(\sigma_c)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,8}{2,5} \cdot 220 = 3,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_z)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,3}{2,5} \cdot 50 = 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

2) Łupkom piaszczystym na wytrzymałość

$$(\sigma_c)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,8}{2,5} \cdot 450 = 6,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_z)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,8}{2,5} \cdot 1000 = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

3) Piaskowcom na wytrzymałość

$$(\sigma_c)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,8}{2,7} \cdot 700 = 9,3 \text{ kg/cm}^2$$

$$(\sigma_z)_M = \frac{1}{50} \cdot \frac{1,8}{2,7} \cdot 150 = 2,0 \text{ kg/cm}^2$$

Różnice pomiędzy wielkościami rzeczywistymi a materiałami ekwiwalentnymi stanowiącymi górotwór zależą głównie między innymi od: rodzaju skał, grubości warstw, tektoniki, szczelino- watości, szybkości obciążenia itd.

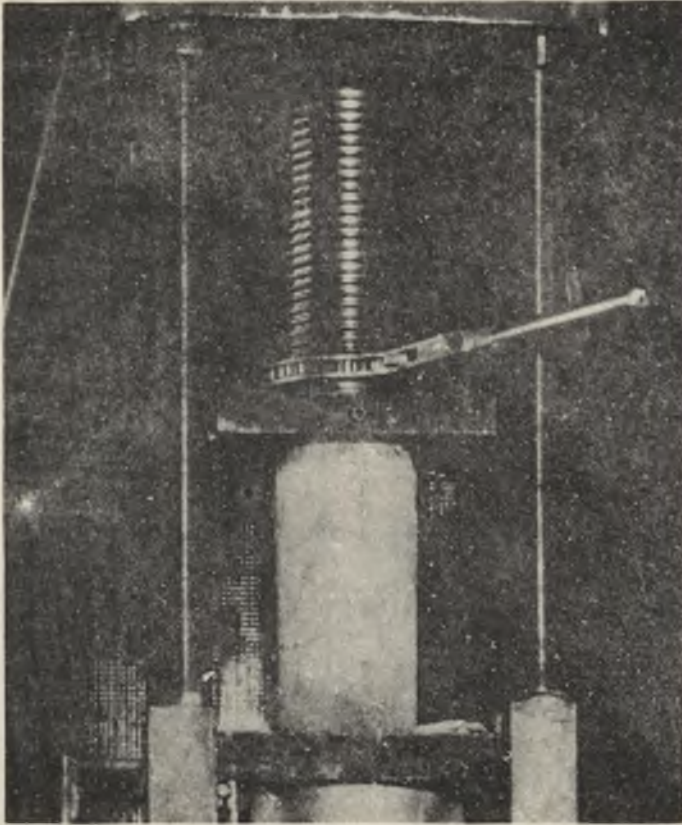
Do badań użyto piasek o ziarnistości 1-0,3 mm, gips budo- wlny wg normy PN-55/B-30340 i wodę pitną.

### 3.3. Sposób przygotowywania i badania wytrzymałości próbek

Próbki w cylindrach o wysokości 30 cm wykonywano równolegle z układaniem warstw.

Czas oraz warunki schnięcia modelu górotworu i próbek były jednakowe. Wyniki z badania prób (rys. 2) ujęto graficznie (rys. 3),

Na wykresie (rys. 4) podano za GIG wytrzymałość na zgina- nie ustaloną dla gipsobetonów o podobnych własnościach.



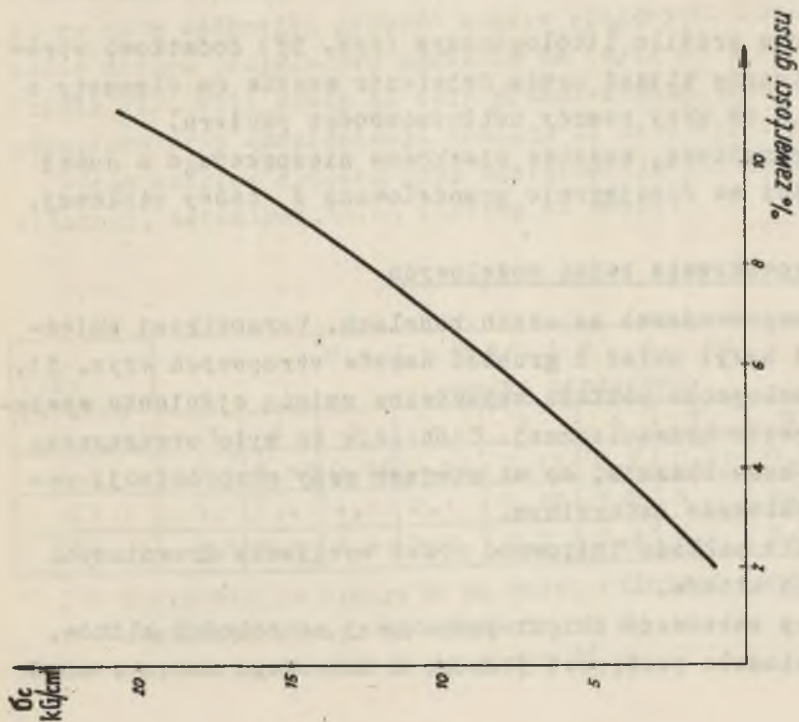
Rys. 2. Badanie próbek w prasie hydraulicznej

#### 3.4. Wykonawstwo modeli

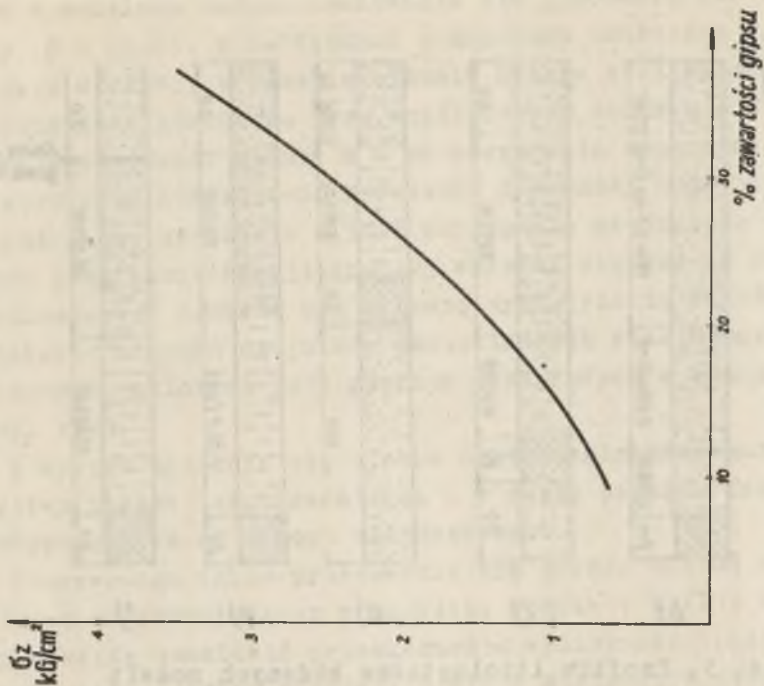
Aby jak najbardziej odzwierciedlić uwarstwienie górotworu wykorzystano do oddzielenia warstw natłuszczonego papieru. Pozwoliło to zarazem na zaznaczenie płaszczyzn osłabionej spójności istniejących w górotworze. Ponieważ badania modelowe wykonywano w płaskim stanie napięcia – to dla zabezpieczenia przed wysypywaniem się materiału w płaszczyznach odsłoniętych zastosowano układanie pociętego drutu, poprzecznie do warstw modelu.

Pokład węgla zamodelowano z drewna – klinów, które złożone parami przy ich wybijaniu w miarę postępu ściany – odzwierciedlają postęp jednego cyklu.

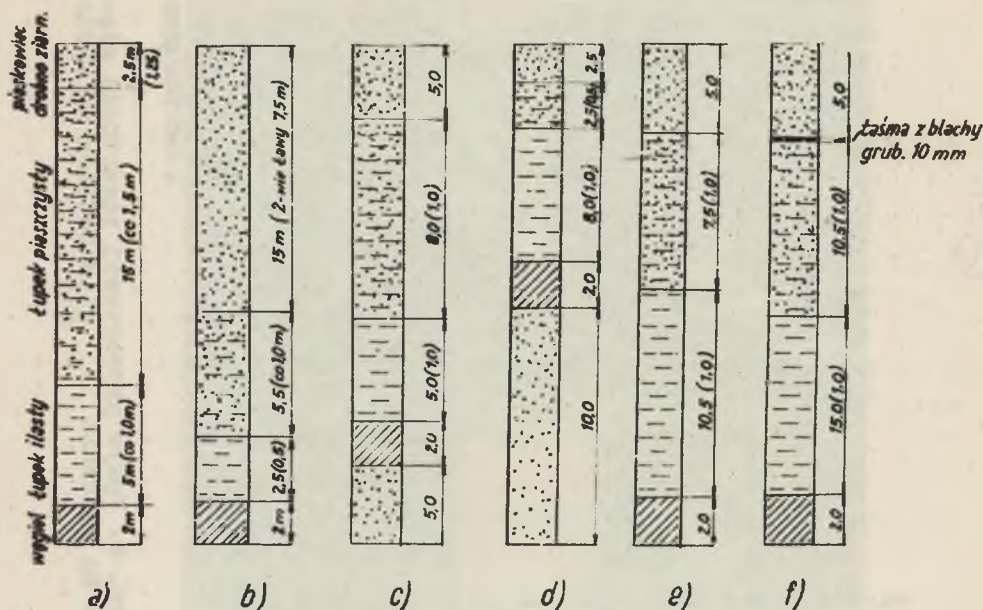
Przygotowano do badań 8 modeli o profilu litologicznym (rys. 5).



Rys. 3. Wpływ procentowej zawartości gipsu na wytrzymałość c gipsobetonów



Rys. 4. Wpływ procentowej zawartości gipsu na zginanie z gipsobetonów wg badań GIG



Rys. 5. Profile litologiczne badanych modeli

W modelu o profilu litologicznym (rys. 5f) dodatkowo wprowadzono sztuczny kłiwaz przez dzielenie warstw na elementy o szerokości 3 cm przy pomocy natłuszczonego papieru. Warstwę wspornikową, warstwę piaskowca niespękanego o dużej wytrzymałości na rozciąganie zamodelowano z taśmy stalowej.

### 3.5. Przeprowadzenie badań modelowych

Badania przeprowadzono na ośmiu modelach. Parametrami zmiennymi modeli były: układ i grubość warstw stropowych (rys. 5), głębokość zalegania pokładu uzyskiwana zmianą ciśnienia wywieranego w prasie hydraulicznej. Ciśnienie to było utrzymywane przez cały czas badania, co na miejsce przy eksploatacji pokładu w górotworze naturalnym.

Wybieranie pokładu imitowane przez wybijanie drewnianych dwudzielnych klinów.

Stały postęp zachowano dzięki jednakowej szerokości klinów, która odpowiadała postępowi jednego 2 metrowego zabioru na dobę.



W 4 modelach badano zachowanie się górotworu bez obudowy przy  $p = \text{const.}$  w następnych 2 modelach imitowano wybieranie na dwie warstwy, a przez obniżenie klinów o wielkość obrazującą osiadanie górotworu przy współpracy z obudową o 6 mm, następnie obniżenie klinów o 6 mm obrazowało zachowanie się górotworu przy podsadzaniu wyrobiska podsadzką hydrauliczną.

Całkowite usunięcie klinów obrazowało zachowanie się górotworu przy eksploatacji drugiej warstwy pokładu na zawał. Obniżanie się punktów nad wybraną przestrzenią określano na podstawie wskazań czujników mechanicznych rozmieszczonych w 2 rzędach poziomych po 5 punktów pomiarowych w każdym rzędzie (rys. 11a).

W wyniku uginania się stropu następowało załamanie się 1 warstwy stropu bezpośredniego, a w miarę postępu frontu warstw następnych, aż do stropu zasadniczego.

Obserwowano także przesuwanie się strefy spekań nad wyrobiskiem za postępującym przodkiem. Modele V i VI z warstwą spągu miały umożliwić przesledzenie wyciskania spągu do wyrobiska, które jednak zeznaczyło się w minimalnym stopniu, z uwagi na małą całkowitą grubość warstw spągowych. Wielkości osiadania stropu przykładowo pokazano na (rys. 6) i w tablicy 2. Modele VII, VIII miały na celu przesledzenie zachowania się górotworu przy eksploatacji pokładu na dwie warstwy.

Górną warstwę wybrano przy zastosowaniu podsadzki hydraulicznej, natomiast dolną warstwę na zawał.

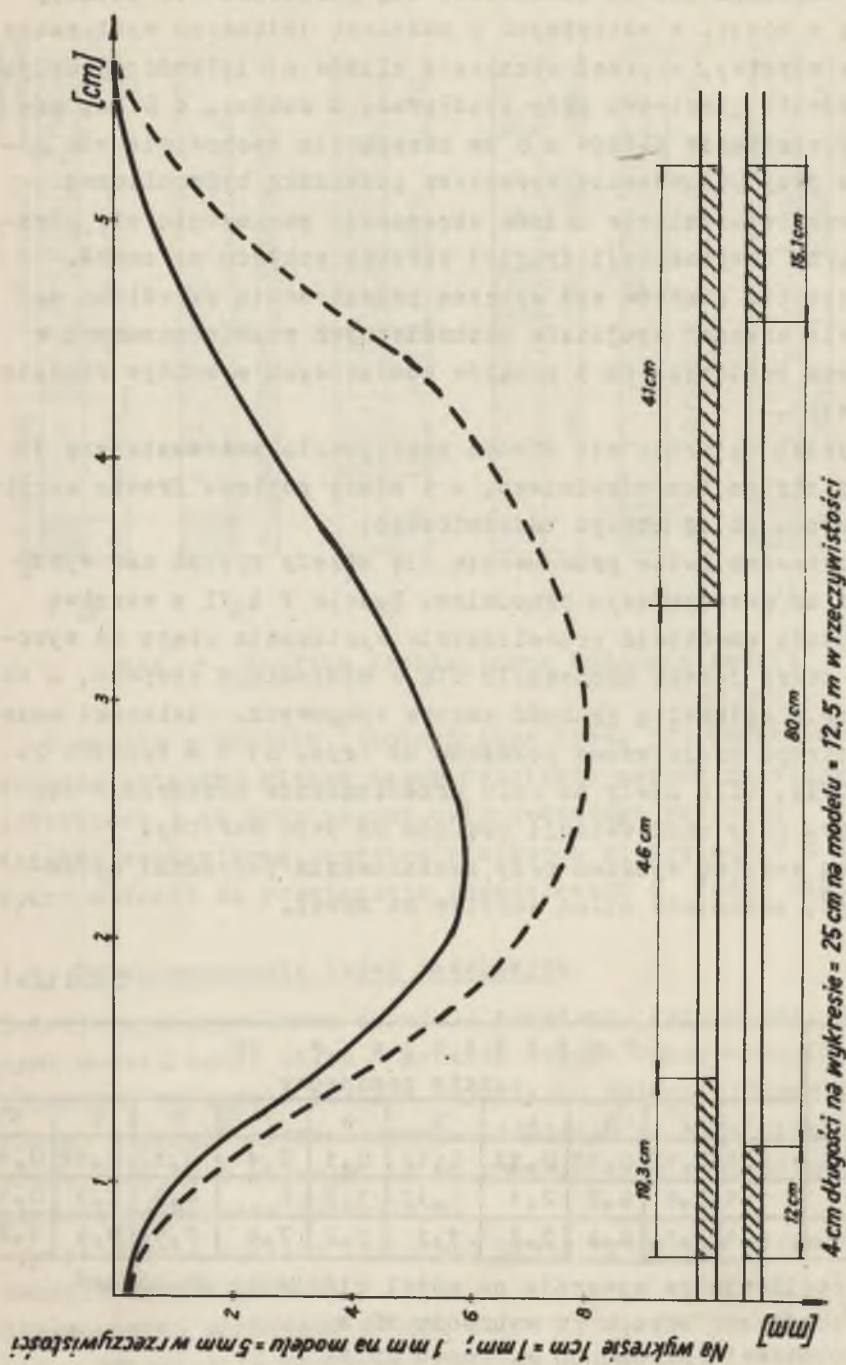
Tablica 2

Fazy pomiaru	O s i a d a n i e w m m									
	punkty pomiarowe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	0,1	0,12	0,11	0,13	0,12	0,1	0,11	0,12	0,12	0,11
II	1,1	5,8	4,2	2,1	0,12	1,2	6	4,5	2,5	0,11
III	1,1	7,1	8,4	5,2	1,1	1,2	7,4	8,6	5,4	1,2

I - obniżenie po wywarceniu na model ciśnienia 30 kg/cm<sup>2</sup>

II - obniżenie stropu po wybraniu 10 m

III - obniżenie stropu po wybraniu 25 m.



Rys. 6. Pomiarzone na modelu nr VI o profilach (rys. 5a) obniżenia stropu w zależności od wielkości wyeksploatowanego pokładu

Tablica 3

Fazy pomiaru	O s i a d a n i e w m m									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	0,2	0,21	0,19	0,2	0,21	0,18	0,2	0,23	0,21	0,22
II	0,8	5,4	5,6	5,3	0,5	2,9	5,5	5,7	5,1	1,5
III	1,1	7,1	10,1	7	0,9	1,2	7,2	10,5	7,5	1,1

I - obniżenie stropu po wywarceniu na model ciśnienia 25 kg/cm<sup>2</sup>

II - obniżenie stropu przy poluzowaniu klinów o 6 mm

III - obniżenie stropu po kolejnym poluzowaniu klinów o wartość 6 mm

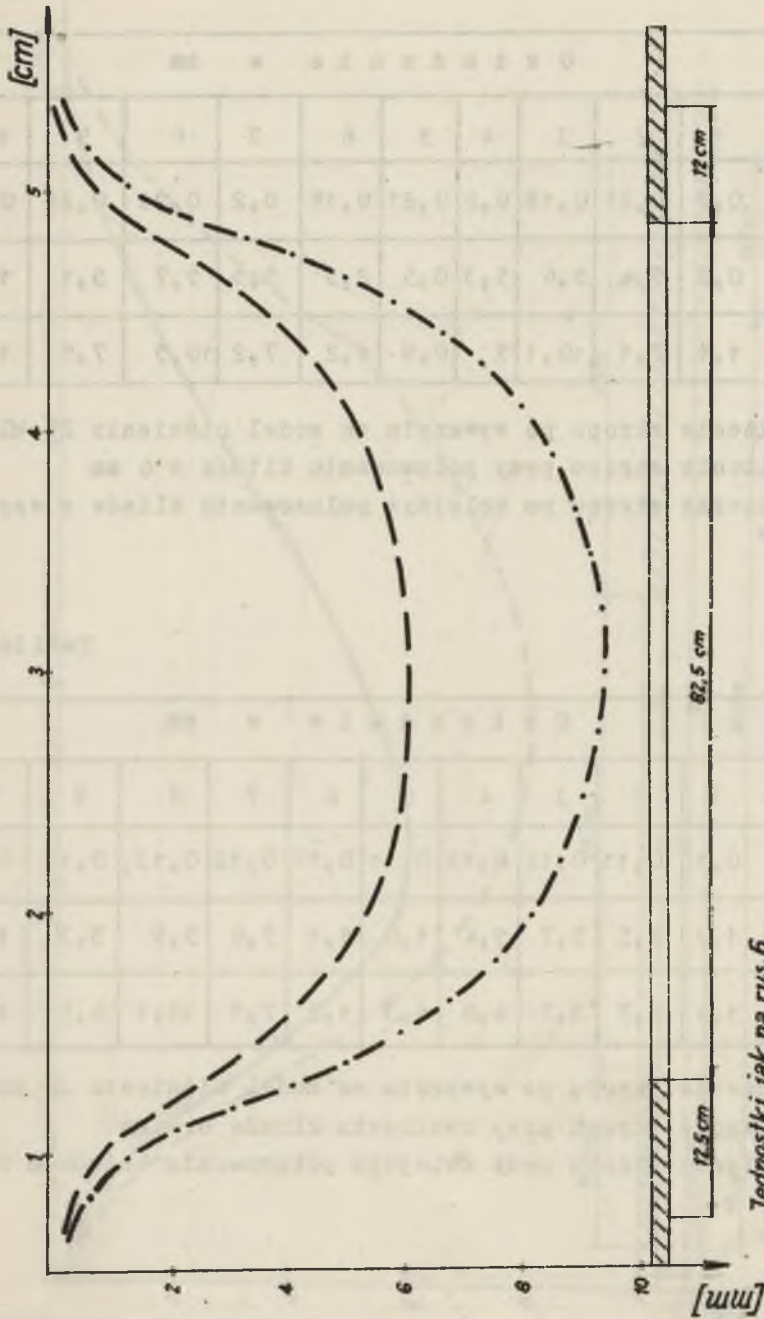
Tablica 4

Fazy pomiaru	O s i a d a n i e w m m									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	0,1	0,11	0,12	0,13	0,11	0,11	0,12	0,13	0,12	0,11
II	1,3	5,5	5,7	5,4	1,0	1,1	5,6	5,9	5,3	1,4
III	1,4	6,7	9,7	6,8	1,3	1,2	7,1	10,1	6,9	1,5

I - obniżenie stropu po wywarcieniu na model ciśnienia 20 kg/cm<sup>2</sup>

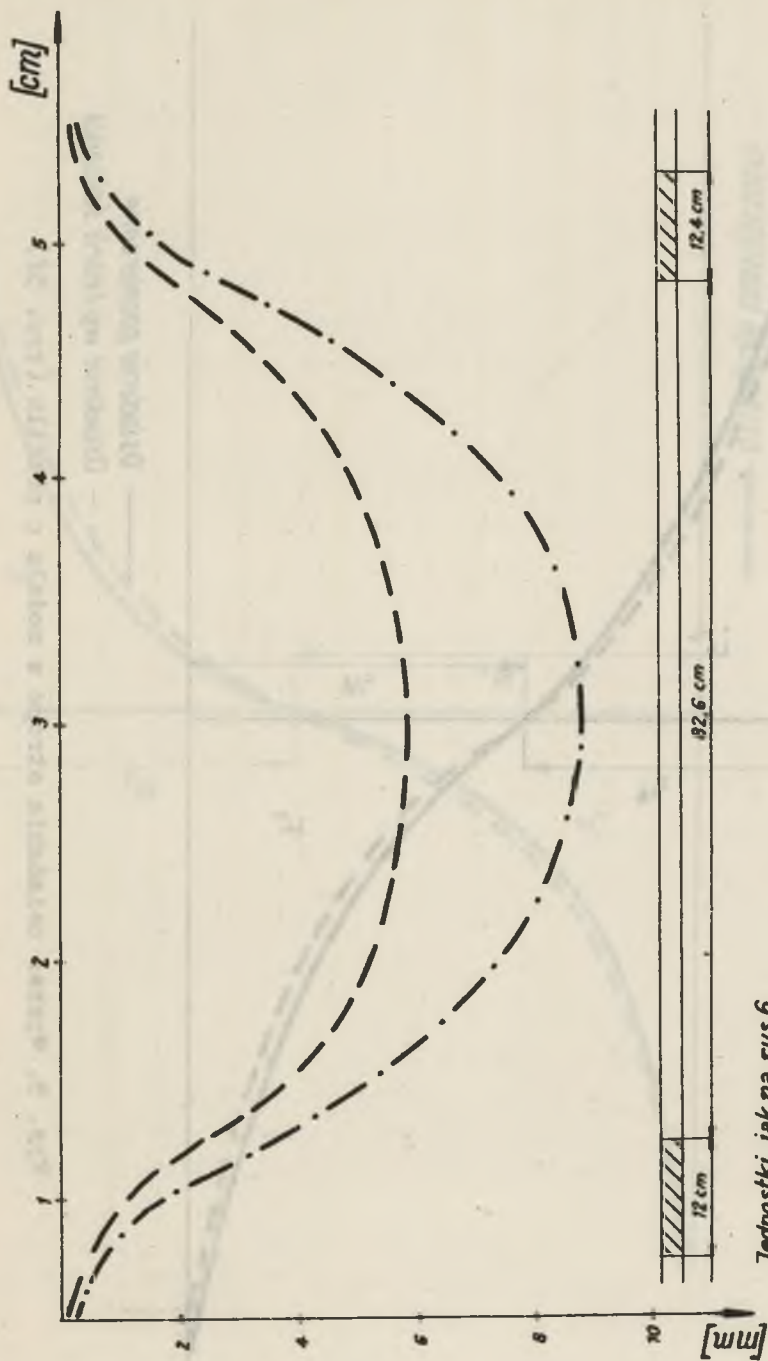
II - obniżenie stropu przy obniżeniu klinów o 6 mm

III - obniżenie stropu przy kolejnym poluzowaniu klinów o 6 mm.



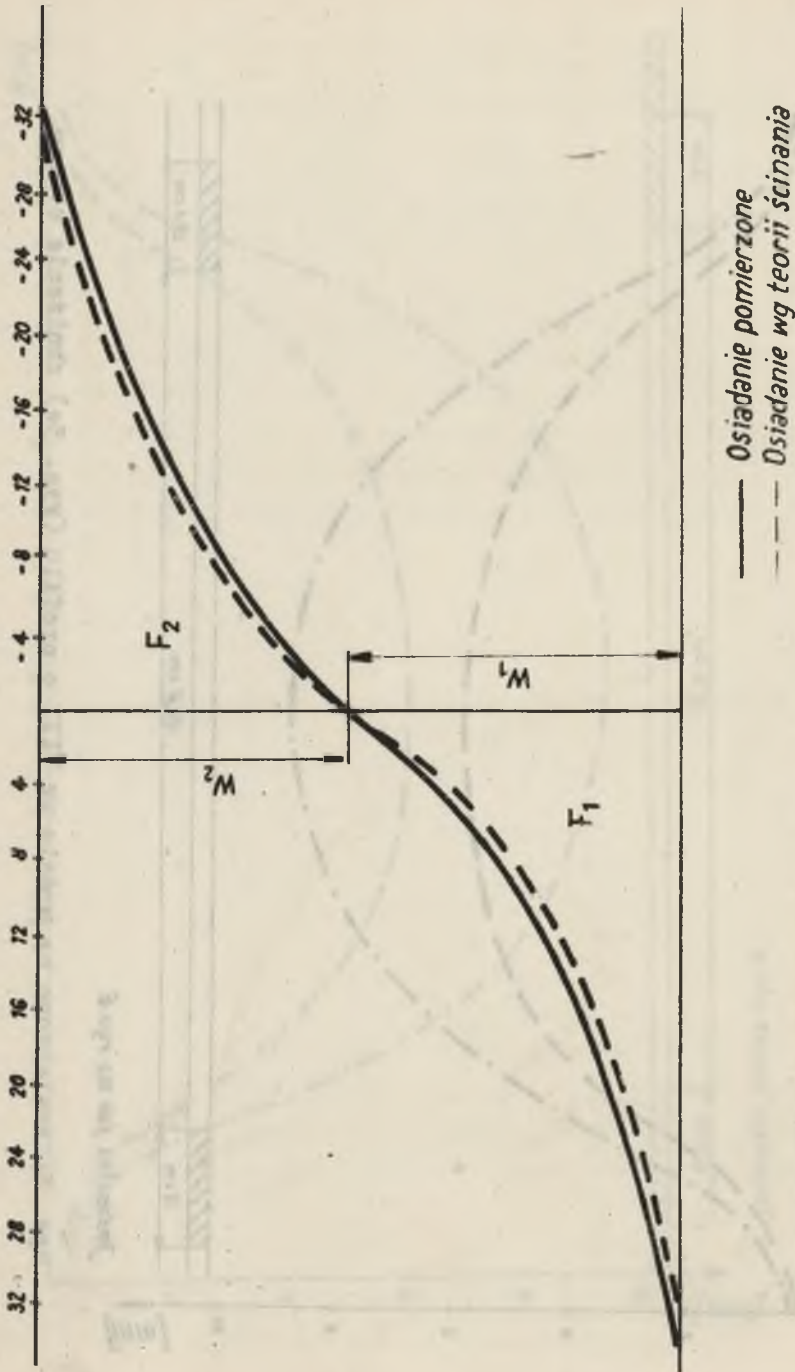
Jednostki jak na rys. 6

Kys. 7. Pomierzone na modelu nr VII o profilu (rys. 5f) obniżenia stropu

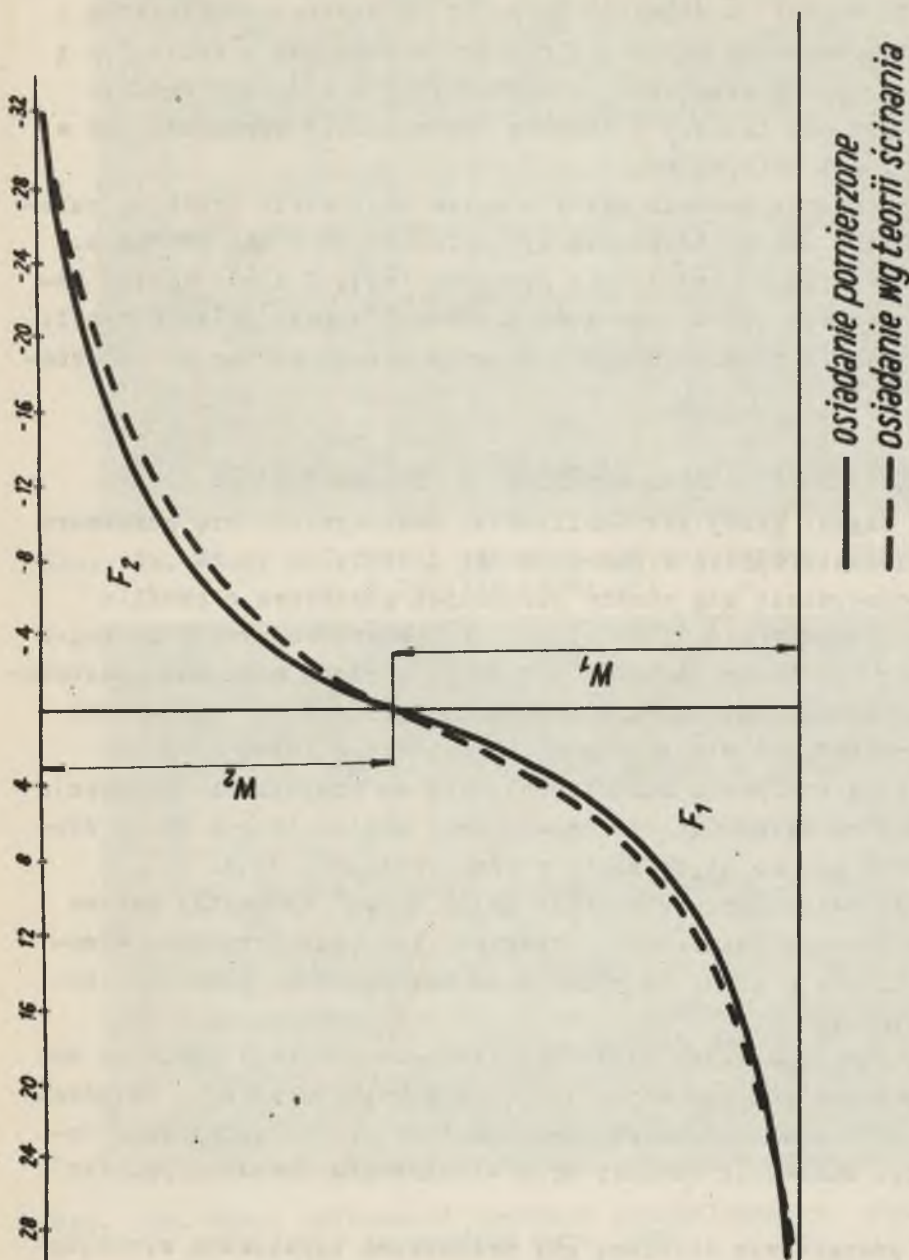


Jednostki jak na rys.6

Rys. 8. Pomierzone na modelu nr VIII o profilu (rys. 5e) obniżenie stropu



Rys. 9. Wykres osiadania stropu w modelu o profilu (rys. 5f)



Rys. 10. Wykres osiadania stropu w modelu rys. 5o

Przy badaniu modelu VII (rys. 5f) z warstwą wspornikową i kliważem uzyskano wielkości obniżeń stropu jak w tablicy 3 i na rys. 7, - a przy badaniu modelu VIII o podobnym profilu (rys. 5e) bez kliważu i warstwy wspornikowej wielkości jak w tablicy 4 i na(rys. 8).

Przeprowadzone badania miały również stwierdzić przebieg osiadań stropu nad przestrzenią wyeksploatowaną i nad pokładem.

Jak wynika z przykładowo podanych (rys. 9 i 10) wyniki badań są prawie identyczne z wielkościami wynikającymi z teorii ciśnienia eksploatacyjnego i ugięcia stropu według A. Salustowicza [6].

#### 4. Przebieg deformacji górotworu i analiza wyników badań

W tej części pracy przeanalizowano zachowywanie się górotworu na podstawie warstw w modelach VII i VIII.

Zachowywanie się warstw stropowych górotworu o profilu (rys. 5f) pokazano na (rys. 11). W początkowej fazie na model wywarto ciśnienie  $16 \text{ kg/cm}^2$ . W miarę wzrostu ciśnienia zaobserwowano wystąpienie spękań i ugięcie warstw oraz łuszczenie się górotworu w płaszczyznach odsłoniętych (rys. 11a).

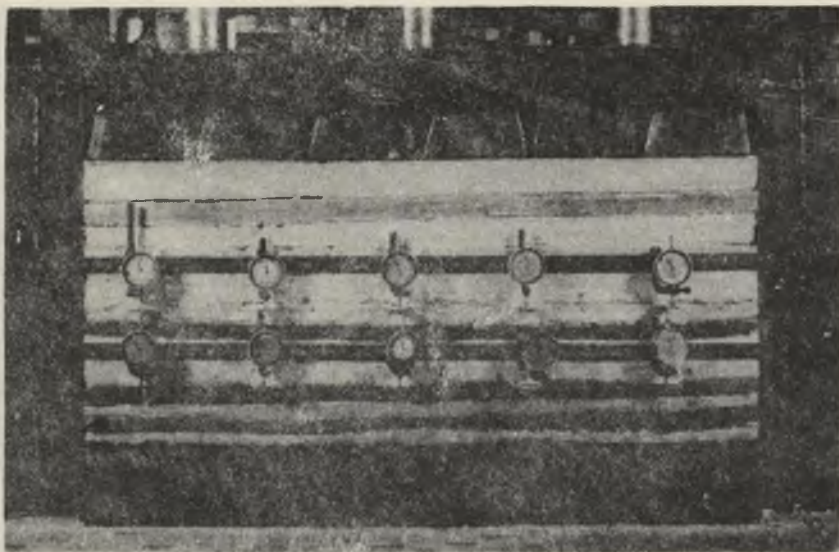
W tych warunkach dokonano odczytu na czujnikach. Następnie poluzowano kliny tak, że spowodowały obniżenie o 6 mm na długości 70 mm, co odpowiadało w rzeczywistości 35 m.

Przy zwiększeniu ciśnienia do  $25 \text{ kg/cm}^2$  wystąpiły dalsze spękania oraz łuszczenie górotworu. Następnie obniżono wysokość klinów o 6 mm, co obrazowało zastosowanie podsadzki hydraulicznej.

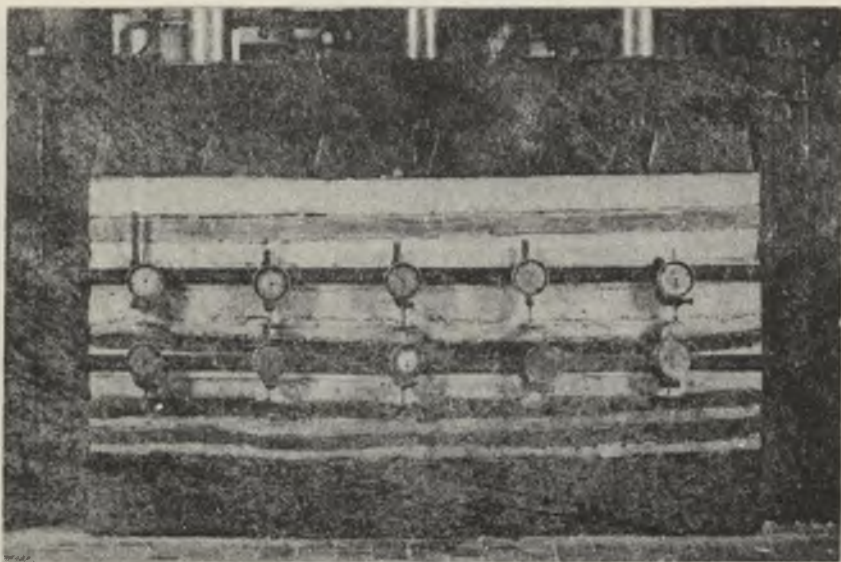
Wystąpiła wyraźna linia ugięcia oraz powstały spękania nad krawędziami pokładu (rys. 11b). Po dokonaniu odczytu osiadania na czujnikach zegarowych, przystąpiono do następnej fazy badań tj. rabowania obudowy oraz wywoływania zawału (rys. 11c i d).

W początkowym stadium, gdy przestrzeń wyrabowana wynosiła 7,5 m w czasie rozruchu ściany, to na krawędziach pokładu wystąpiły zarysowujące się pęknięcia, zawał nie wystąpił (rys. 11c). Przy dalszym wybieraniu pokładu i rabowaniu nastąpiło

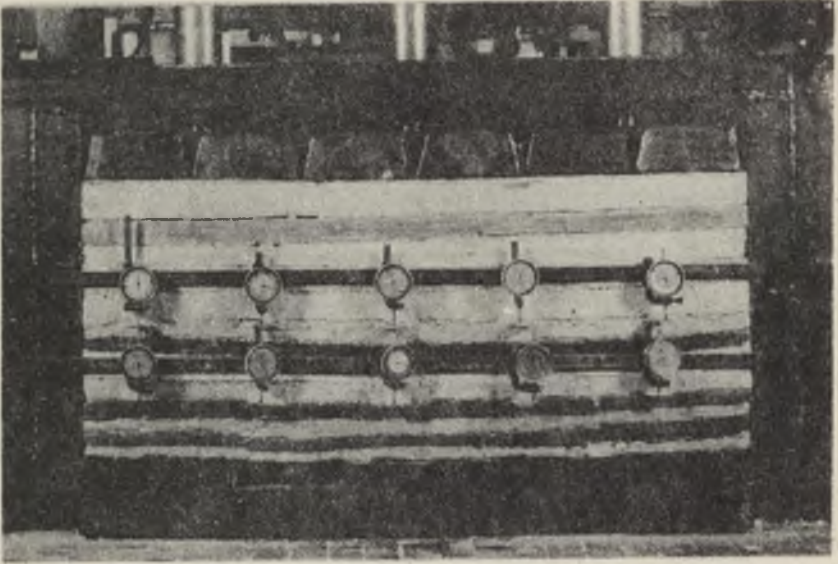




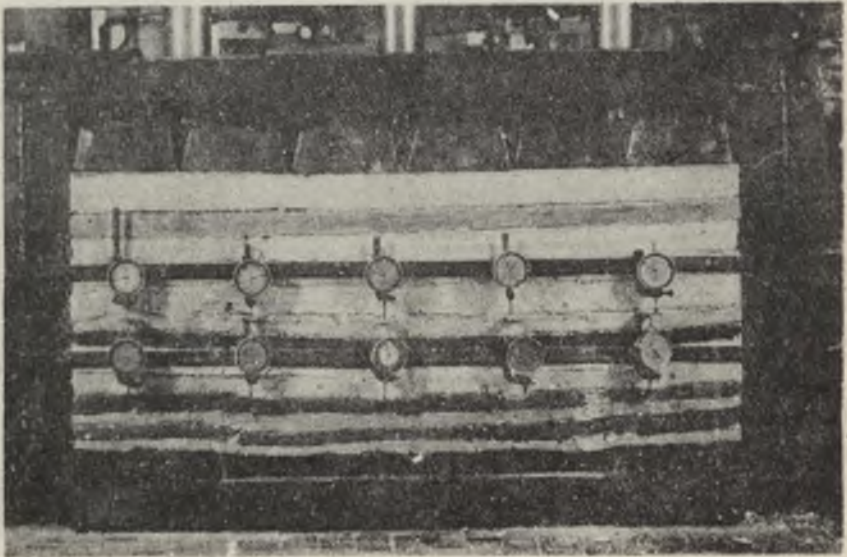
Rys. 11a. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



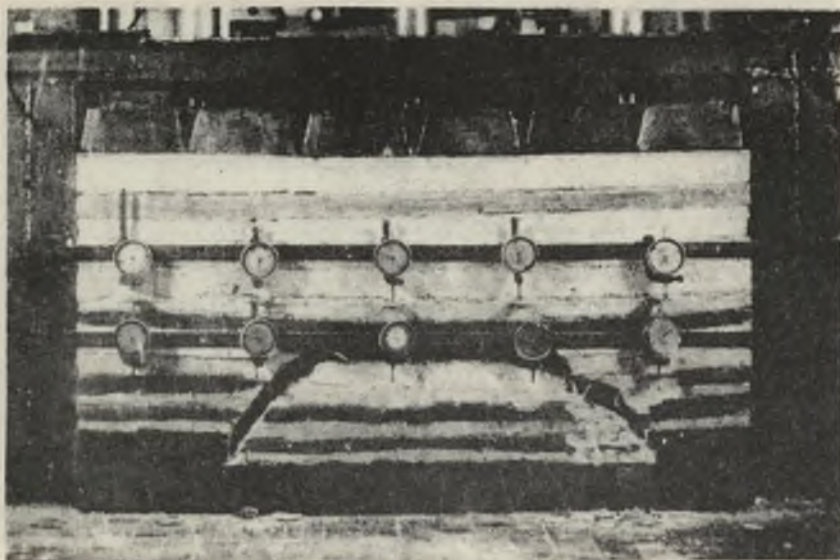
Rys. 11b. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



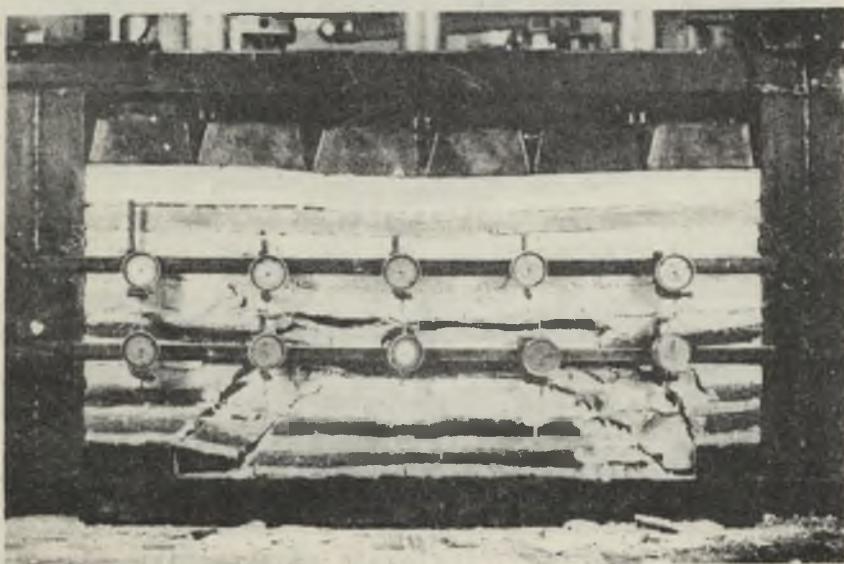
Rys. 11c. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



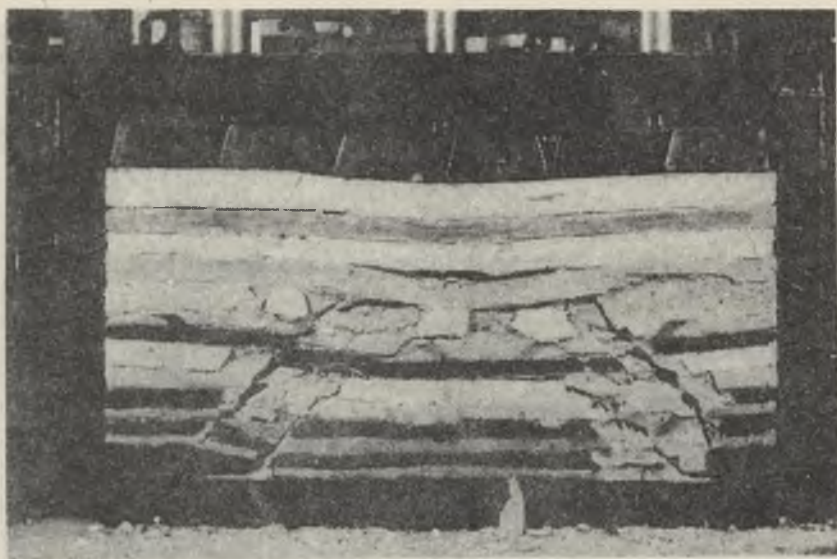
Rys. 11d. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



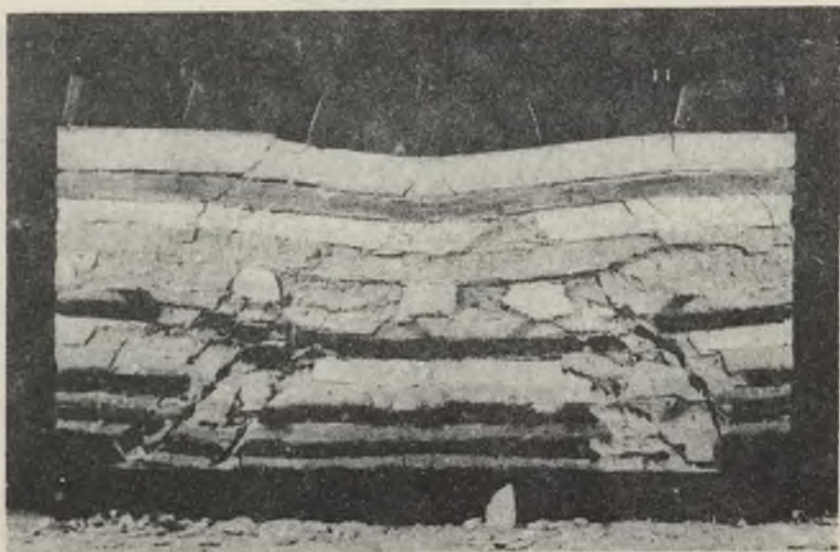
Rys. 11e. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



Rys. 11f. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



Rys. 11g. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)



Rys. 11h. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5f)

wygięcie warstw stropowych, spękania na krawędzi pokładu zwiększyły swój zasięg w górne warstwy (rys. 11d). Zwiększając przestrzeń wyrobioną do 70 cm tj. w rzeczywistości do 35 m, nastąpiło oberwanie się bloku warstw na długości 35 m.

Wysokość stropu bezpośredniego równała się 4-krotnej grubości pokładu, czyli wysokość zawału w rzeczywistości wynosiła 10 m (rys. 11a). Pomiedzy stropem bezpośrednim, a sąsiednim zbudowanym z warstw o silnej wytrzymałości, wytworzyło się wyraźne sklepienie.

Spękanie górotworu oraz zawał następował w postaci dużych bloków skalnych a ich oddzielanie od górotworu przebiegało wzdłuż płaszczyzn kławażu. Zaobserwowano ugięcie się pierwszej warstwy stropu zasadniczego (rys. 11f).

Dalsze kontynuowanie eksploatacji pokładu i rabowanie obudowy zwiększyło zasięg strefy zawałowej nad przestrzenią roboczą i dalsze ugięcie stropu zasadniczego do wytworzenia pustki Webera włącznie (rys. 11g).

Na (rys. 11g) obserwuje się ugięcie mocnej warstwy górnej i wyraźne oparcie warstwy dolnej na zawale oraz wpływ kławażu na formowanie zawału, rozczłonowanie się warstw poniżej leżących (pod pustką Webera) na pakiety. Podział na pakiety w miarę postępu eksploatacji obejmował coraz większą strefę i coraz większe następowały ugięcia stropu zasadniczego osiadającego na zawale stropu bezpośredniego (rys. 11h).

Analizując przebieg deformacji badanego górotworu stwierdzić można, że zaistnienie zawału w postaci oberwania jednego dużego bloku nastąpiło z powodu małego kławażu i dużej spistości międzywarstwowej.

Z podanego zachowania się warstw stropu wynika, że po oddaleniu się wybierki na odległość około 10 m dla spowodowania zawału zachodzi potrzeba strzelania w stropie. Podane zachowanie się skał w oparciu o badania modelowe można przyrównać do zjawisk zachodzących przy eksploatacji w kopalniach basenu Karagandzkiego [10].

Warstwy stropu bezpośredniego zbudowane z płaskowców załamwały się dopiero po odejściu przodka ścianowego na odległość

40-60 m i ulegały odpadaniu w ławach na długości 45 do 120 m, co powodowało zawał przestrzeni roboczej, niszczenie obudowy i duże straty w czasie eksploatacji.

Po zastosowaniu podsadzki suchej układanej oraz kasztów - uzyskano równomierne obrywanie się bloków skalnych znacznie krótszych, bo wynoszących do 30 m długości (rys. 12).

Zachowywanie się i deformacje badanego górotworu o profilu jak na (rys. 5e) przedstawiono na (rys. 13).

Na wstępie badania wywarto na model pionowe ciśnienie  $25 \text{ kg/cm}^2$  które wywołało łuszczenie i pojawienie się rys na modelu.

Rys. 13a obrazuje górotwór, który na odcinku 40 m spoczywając na obudowie ulega stopniowej deformacji (ugięcie linii stropu) oraz zarysowujące się spękania w obrębie rozpoczęcia ściany.

Rys. 13b przykładowo ilustruje zachowanie się modelu przy osiadaniu górotworu na podsadźce hydraulicznej.

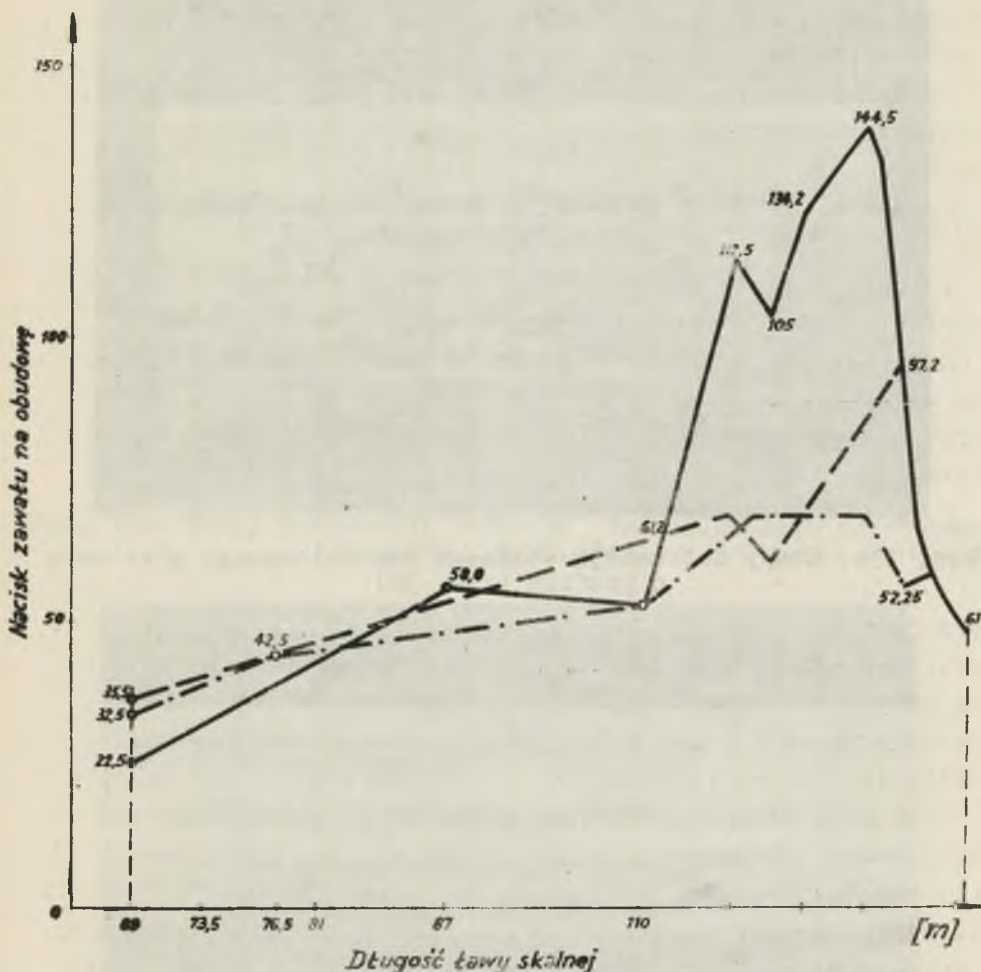
Wyraźnie widoczne jest ugięcie stropu i spękania w miejscu rozpoczęcia ściany. Po rozpoczęciu wybierania drugiej warstwy, zawał występował przy stałym postępie wybierania zaznaczyło się odspajanie warstw stropu bezpośredniego i jego wyraźne spękania (rys. 13c), a przy wybraniu pokładu na długości 16 m nastąpiło blokowe załamanie pierwszej warstwy stropu (rys. 13d)

Następnie wraz z zwiększeniem się odcinka wybranego pokładu obserwowano załamywanie się kolejnych warstw (rys. 13e), powstawanie pustek Webera i blokowe łananie (rys. 13f).

Charakterystyczne jest ugięcie się stropu nad polem roboczym. W badanym modelu warstwy stropowe wykazały dużą plastyczność, zaznaczyło się tylko minimalne ich spękanie, w odległości 20 m od czoła przodku strop osiadł na spągu.

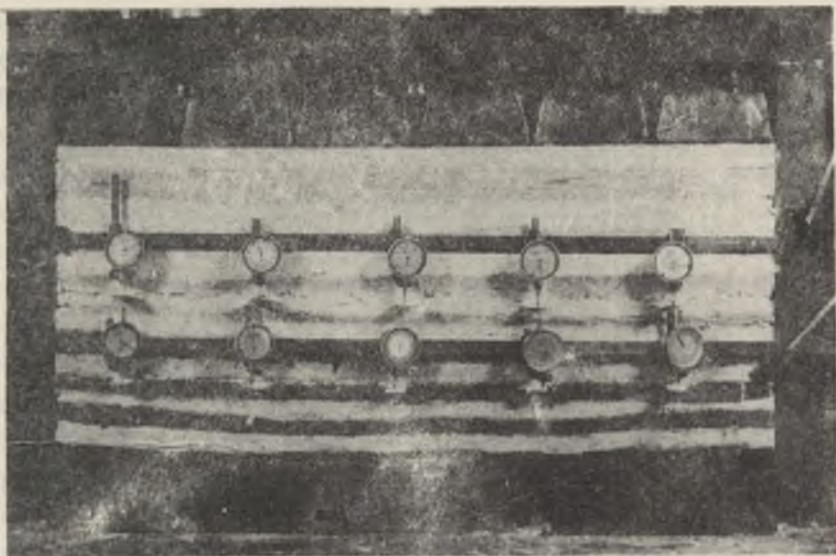
Dalsze rozszerzanie się strefy zawałowej z postępowym wybieraniem przykładowo pokazano na rys. 13g, gdzie pod uginającą się warstwą stropu zasadniczego utworzyła się pustka Webera. W ciągu dalszych badań osiągnięto wysokość zawału wynoszącą 7 do 8-krotnej grubości pokładu.

Przez cały czas badań obserwowano blokowe załamywanie się stropu i opadanie ich w kierunku przedziału roboczego, a w partii środkowej konsolidowanie zruszonego stropu (rys. 13h i i).

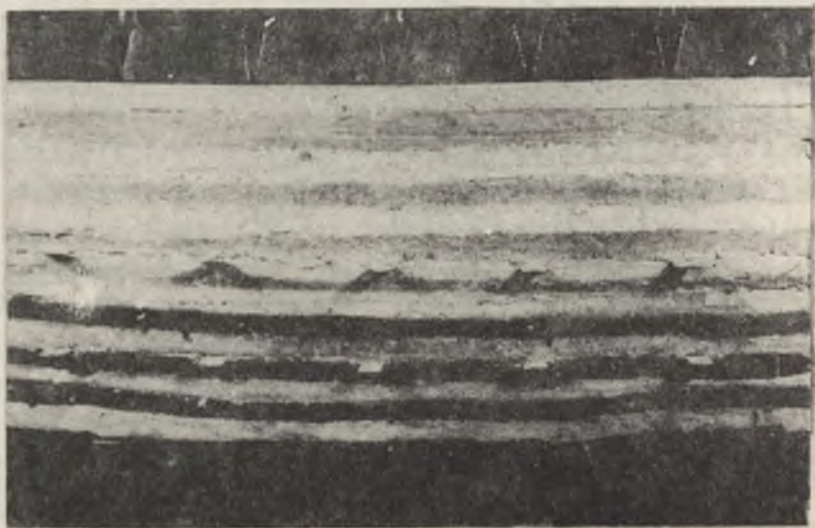


Rys. 12. Zależność przebiegu zawatu od rozmieszczenia kasztów i wielkości nacisku na obudowę 10

obciążenie na obudowę w odległości 1,2 m od rzędu kasztów od chodnika wentylacyjnego; obciążenie na obudowę w odległości 2,2 m od rzędu kasztów od chodnika wentylacyjnego; obciążenie na obudowę w odstępach między rzędami kasztów ustawionych od siebie w odległości 2 m.

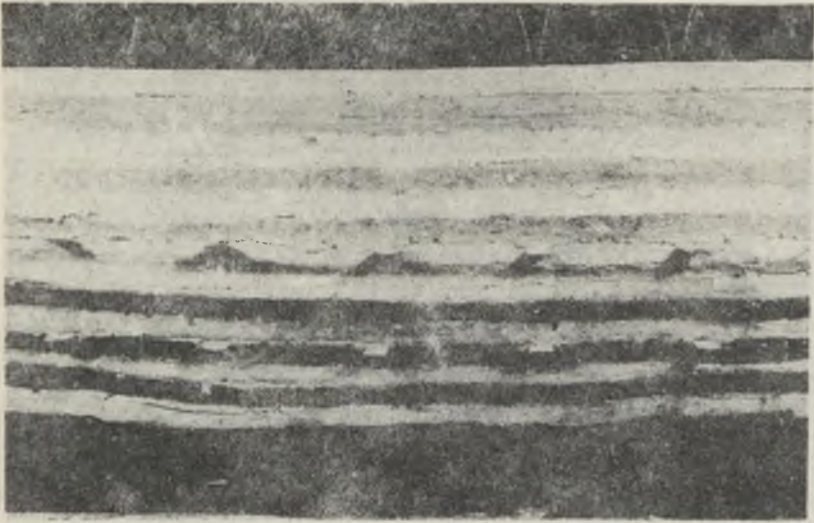


Rys. 13a. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)

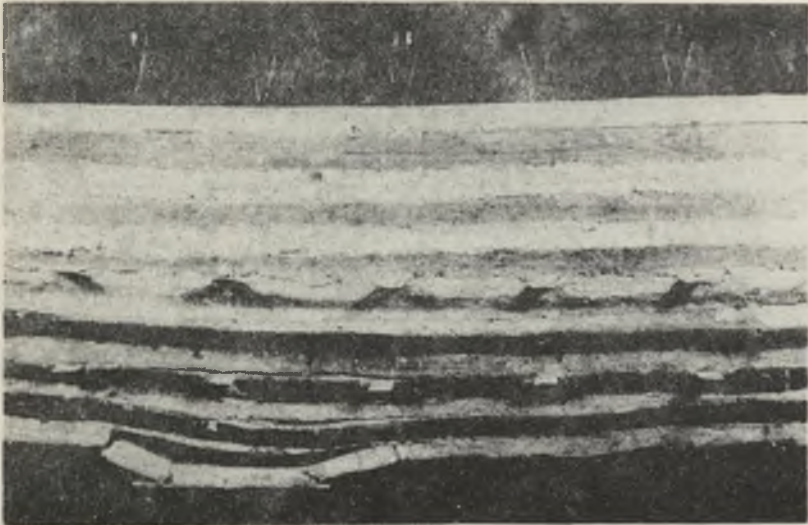


Rys. 13b. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)

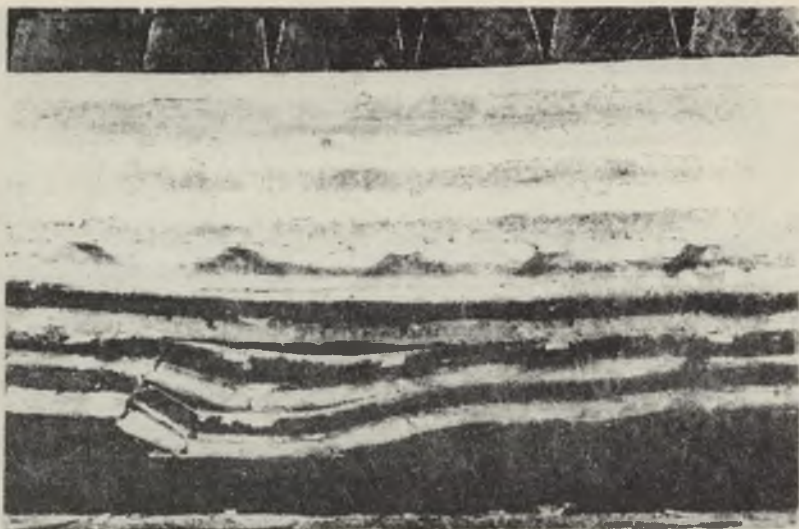




Rys. 13c. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



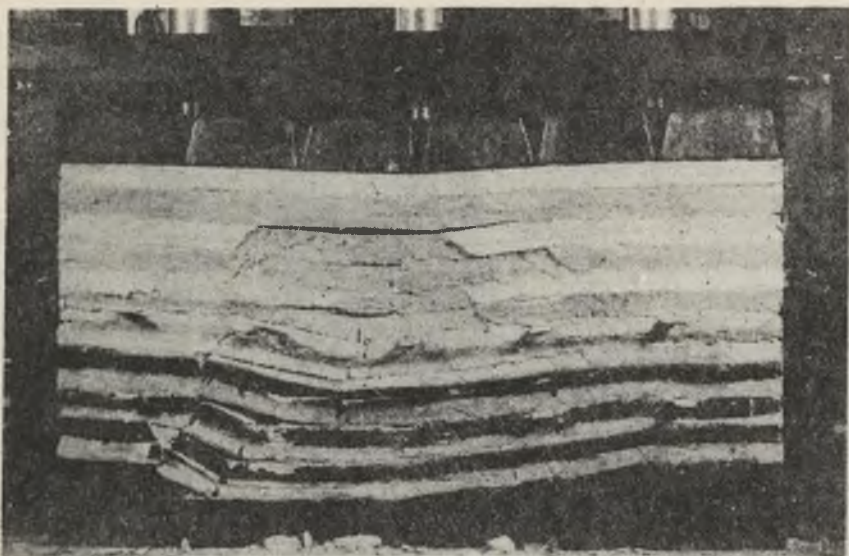
Rys. 13d. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



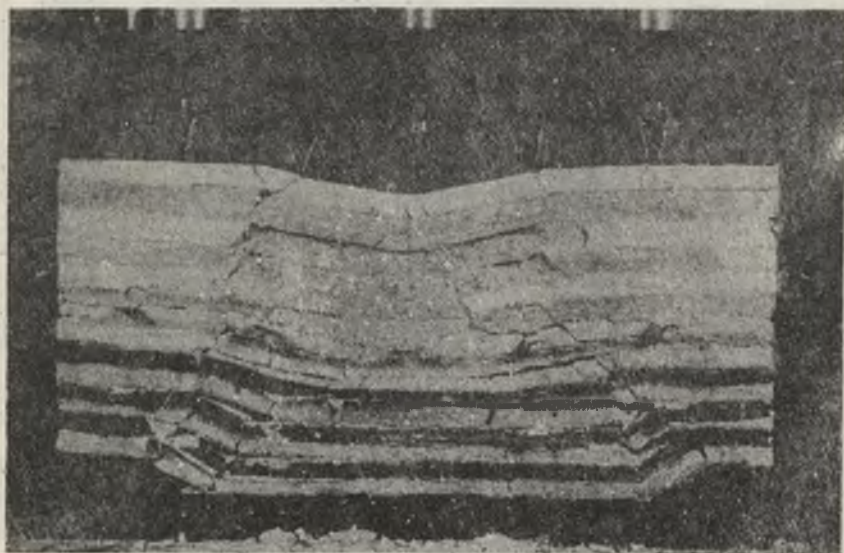
Rys. 13e. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



Rys. 13f. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



Rys. 13g. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



Rys. 13h. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu o profilu (rys. 5e)



Rys. 131. Etapy deformacji badanego zamodelowanego górotworu  
o profilu (rys. 5e)

Na rys. 131 widać wyraźne przesunięcia i zazębienia się spadających skał.

Górotwór w strefie osiadania nad wybraną przestrzenią wykazuje przemieszczenia poziome nieregularne.

### 5. Wnioski końcowe

W oparciu o wyniki pomiarów obserwacji i obliczeń można wysunąć następujące wnioski: 1) metoda modelowego badania zjawisk zachodzących w górotworze w czasie eksploatacji pokładu może dać wystarczająco dokładne rozpoznanie problemu, 2) stwierdzono słuszność dotychczasowego poglądu, że przy rozruchu ściany następuje kolejno zawał częściowy, zawał niepełny i zawał pełny, 3) całkowita grubość warstw stropowych ulegających zawałowi pełnemu odpowiada najczęściej 4-krotnej grubości pokładu, 4) odkształceniu ulegają najpierw warstwy o mniejszej wytrzymałości na zginanie, niezależnie od tego czy leżą w stropie czy w spągu, 5) odkształcanie się warstw stropu zasadniczego w przypadkach pełnego podsadzania ma charakter ugięcia się zbliżonego do ugięcia się belki na sprężystym podłożu, 6) ruchy poziome warstw stropowych stwierdzone w przedziale roboczym ściany w kierunku jej czoła wpływają na zachowanie się obudowy i zaciskanie wyrobiska, 7) w przypadku występowania w stropie mocnych warstw, gdy zawał nie wystąpi samoczynnie należy spowodować sztuczny zawał lub stosować podsadzkę hydrauliczną względnie pełną suchą wraz z kaskami, 8) przeprowadzone obliczenia oraz pomiary wykazują zgodność z teorią prof. A. Sałustowicza [6], 9) wydaje się, że na podstawie badań modelowych można dalej uściślić zagadnienie zabezpieczania wyrobisk ścianowych przed ich zaciskaniem, 10) przeprowadzone badania wykazały, że przy zastosowaniu metody modelowej można rozwiązywać szereg zagadnień z dziedziny mechaniki górotworu i eksploatacji złóż, zwłaszcza gdy obejmują one całokształt zjawisk zachodzących w górotworze w obszarze od wyrobiska do powierzchni. Przez cały czas badań obserwowano blokowe załamywanie się stropu i opadanie ich w kierunku przedziału roboczego, a w partii środkowej konsolidowanie zruszonego stropu.

## LITERATURA

- [1] Borecki M.: Warunki współpracy z górotworem i zasady obliczania obudowy ścianowej. Drogi postępu w Górnictwie PWN W-wa, t. I, 1956.
- [2] Borecki M., Kawiątek J.: Nowa metoda modelowania górotworu. Prace Komisji Nauk Technicznych, Górnictwo 1, 1965 r.
- [3] Chudek M.: Analiza przyczyn obrywania się skał w wyrobiskach wybierkowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., Górnictwo 9, 1964 r.
- [4] Chudek M.: Obudowa hydrauliczna wyrobisk górniczych, Skrypt Uczelniany, Gliwice, 1965 r.
- [5] Sałustowicz A., Galanka J.: Mechanika Górotworu, Kraków 1960.
- [6] Sałustowicz A.: Ciśnienie eksploatacyjne i ugięcie stropu w świetle teorii i pomiarów w kopalni. Zeszyty Naukowe AGH nr 8, 1963 r.
- [7] Kidybiński A.: Określenie własności wytrzymałościowych górotworu w drodze wykorzystania obserwacji modelowych, Przegląd Górniczy nr 12, 1962 r.
- [8] Everling G.: Modellversuche über das Zusammenwirken von Gebirge und Ausbau in Abbaustrecken, Glückauf nr 25, 1962 r.
- [9] Everling G.: Doświadczenia z modelami odnośnie współdziałania górotworu z obudową górniczą. Referat na Międzynarodowym Sympozjum Mechaniki Górotworu, Kraków 1963 r.
- [10] Alłajew A.: Metoda uprawlenija trudnoobruszajemyi porodami krowli. Bjezopasnost Truda w Promyszlennosti nr 2, 1962 r.

ПОВЕДЕНИЕ ПОКРЫВАЮЩИХ ПОРОД НАД СТЕННОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКОЙ  
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## Резюме

В работе представлены ход и результаты модельных исследований в пределах поведения непосредственной кровли над пластом, рабочим отсеком и выбранным пространством.

Подтверждено большое совпадение теоретических формул с величинами, полученными в модельных испытаниях.

THE ROOF-ROCK BEHAVIOUR OVER THE WALL WORKING  
ON THE GROUND OF MODEL EXAMINATIONS

S u m m a r y

In the paper the course and the results of model examinations concerning the behaviour of immediate roof over the seam working road and the exploited space, have been presented.

A great conformity of theoretical formulae with the quantities achieved by means of model examinations have been found.